

Astronomische Weltbilder und Keplersche Gesetze

Heliozentrisches Weltbild

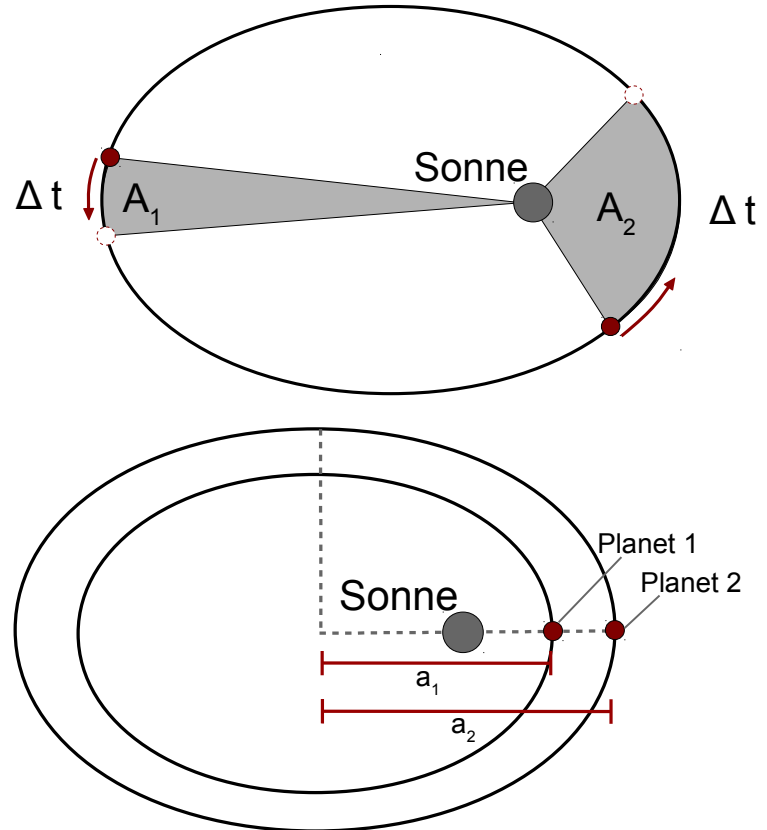
- Die Sonne steht im Mittelpunkt unseres Sonnensystems, die Planeten umkreisen sie.
- Viele Planeten werden von Monden umkreist.
- Die Sterne sind viele Lichtjahre von uns entfernt und bilden Galaxien, zum Beispiel unsere Milchstraße.

Die Keplerschen Gesetze

1. Die Planetenbahnen sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.
2. Der von der Sonne nach einem Planeten gezogene Ortsvektor überstreicht in gleichen Zeiten Δt gleiche Flächen A_1 und A_2 .
3. Die Quadrate der Umlaufzeiten T zweier Planeten um denselben Zentralkörper verhalten sich wie die dritten Potenzen der großen Halbachsen a ihrer Bahnellipsen:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

T_1, T_2 Umlaufzeiten, a_1, a_2 große Bahnhalbachsen.



Die Mechanik Newtons – Teil 1

Erhaltungssätze

Energieerhaltungssatz:

In einem abgeschlossenen System (kein Eingriff von außen) bleibt die Gesamtenergie erhalten.

Impuls: $p = m \cdot v$

Einheit: $[p] = 1 \text{ Ns} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

Impulserhaltungssatz: In einem abgeschlossenen System bleibt der Gesamtimpuls erhalten.

$$p_1 + p_2 + \dots + p_n = p_1' + p_2' + \dots + p_n'$$

Für einen geradlinigen zentralen Stoß mit zwei beteiligten Körpern gilt damit:

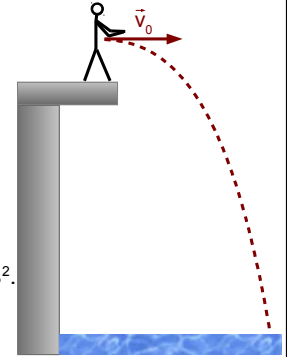
$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

Hierbei ist auf die **Vorzeichen der Geschwindigkeiten** zu achten!

Waagrechter Wurf (reibungsfrei)

$$x(t) = v_0 \cdot t; \quad y(t) = -\frac{1}{2} g \cdot t^2$$

- Gleichförmige Bewegung in horizontaler Richtung mit Abwurfgeschwindigkeit v_0 .
- Beschleunigte Bewegung in vertikaler Richtung mit der Fallbeschleunigung $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.



Gravitationsgesetz

Massen ziehen sich gegenseitig an. Für die Anziehungskraft zweier kugelförmiger Körper der Massen m und M mit dem Mittelpunktsabstand r gilt:

$$F = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$$

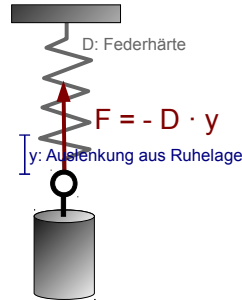
wobei G die sog. Gravitationskonstante ist.

Die Mechanik Newtons – Teil 2

Harmonische Schwingung

Eine Schwingung, bei der die Rückstellkraft F proportional zur Auslenkung y ist, nennt man eine harmonische Schwingung.

Beispiel: Federpendel



Schwingungsgleichung:

$$y = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right) = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

y : Auslenkung oder Elongation

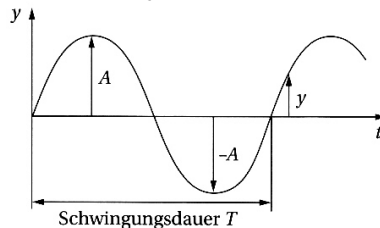
A : maximale Auslenkung bzw. Amplitude

T : Schwingungsdauer: Zeit für eine volle Schwingung

f : Frequenz: Zahl der Schwingungen pro Zeit

Einheit [f]: 1 Hz (1 Hertz, 1 Hz = $\frac{1}{s}$)

Es gilt: $f = \frac{1}{T}$



Kreisbewegung

mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω

Winkelgeschwindigkeit:

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T}$$

Einheit [ω]: $\frac{1}{s}$

T : Zeit für einen Umlauf in s

Bahngeschwindigkeit:

$$v = \omega \cdot r$$

r : Bahnradius in m

Zentripetalkraft:

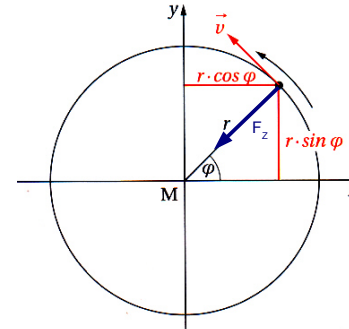
$$F_z = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

m : Masse in kg

Zentripetalbeschleunigung:

$$a = \frac{v^2}{r} = \omega^2 \cdot r$$

Zentripetalkraft und Zentripetalbeschleunigung sind zum Kreismittelpunkt hin gerichtet, die Bahngeschwindigkeit zeigt in Richtung der Kreistangente.



Wellen

Beachte: Auch wenn Wellen graphisch ähnlich zu Schwingungen dargestellt werden, so besitzen sie im Unterschied dazu eine Abhängigkeit sowohl vom Ort x als auch von der Zeit t .

Transversalwelle (Querwelle)

Die Teilchen schwingen senkrecht („quer“) zur Ausbreitungsrichtung der Welle.

(Bsp. Seilwellen, Wasserwellen)



Longitudinalwelle (Längswelle)

Die Teilchen schwingen in Richtung der Ausbreitung der Welle.

(Bsp. Schallwellen)



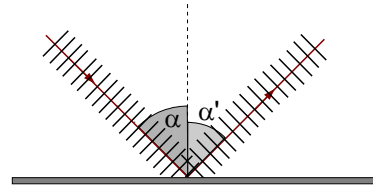
Wellenlänge λ (z.B. Abstand benachbarter Wellenberge)

Schwingungsdauer T ; Frequenz f ; es gilt: $f = \frac{1}{T}$

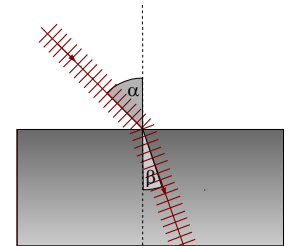
Ausbreitungsgeschwindigkeit v : $v = \lambda \cdot f$

Reflexion

Einfallswinkel = Reflexionswinkel



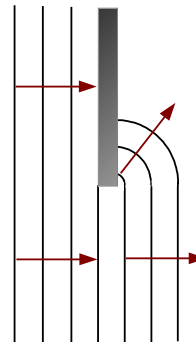
Brechung



Beugung

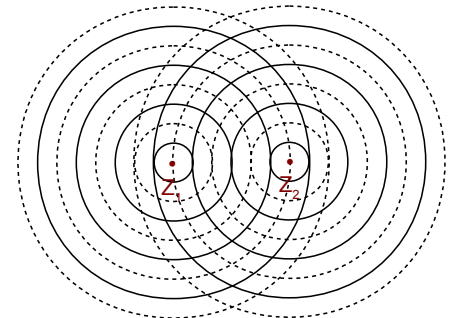
Abweichung von der geradlinigen Ausbreitung;

Folge: Wellen können sich hinter Öffnungen und Hindernissen in den „Schattenraum“ ausbreiten.



Interferenz

Überlagerung von Wellenfeldern; dabei können u.a. die Wellen verstärkt (konstruktive Interferenz) oder ausgelöscht (destruktive Interferenz) werden.



Licht

Modellvorstellungen

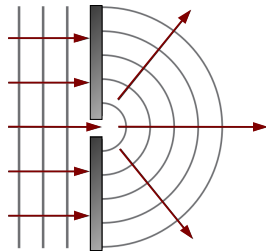
• Strahlenmodell:

Vorstellung: Ausbreitung des Lichts in Form von „Lichtstrahlen“

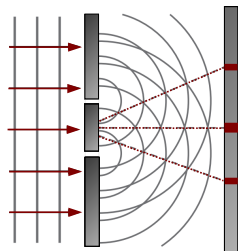
• Wellenmodell (Licht als elektromagnetische Welle):

Bei Licht treten Beugungs- und Interferenzerscheinungen auf.

Beugung und Interferenz am Doppelspalt



An schmalen Spalten und Hindernissen wird Licht gebeugt.



Hinter einem Doppelspalt überlagert sich das gebeugte Licht. Es tritt Interferenz auf.

Für die Interferenzmaxima gilt: $\Delta s = k \cdot \lambda$ ($k = 0, 1, 2, \dots$)

Δs : Gangunterschied benachbarter Randstrahlen

λ : Wellenlänge des Lichts

• Teilchenmodell (Photonenmodell):

Licht besteht aus einzelnen Energieportionen, den Photonen.

Energie eines Photons: $E_{\text{Ph}} = h \cdot f$

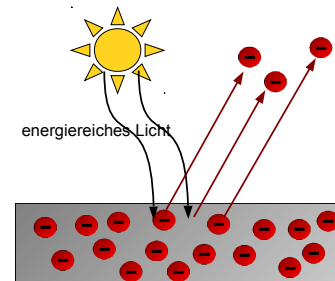
h : Plancksche Konstante

f : Frequenz des Lichts im Wellenmodell

Der Photoeffekt kann mit Hilfe des Teilchenmodells gut erklärt werden.

Äußerer Photoeffekt

Trifft energiereiches Licht (f groß) auf bestimmte Metalle, so kann es aus ihnen Elektronen herauslösen.



Grundaussagen der speziellen Relativitätstheorie

Konstanz der Lichtgeschwindigkeit

Licht breitet sich im Vakuum unabhängig vom Bewegungszustand der Lichtquelle und des Beobachters immer mit der Geschwindigkeit c aus.

$$\text{Es gilt: } c \approx 3,0 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Zeitdilatation

Uhren, die sich relativ zu einem Beobachter mit der Geschwindigkeit v schnell bewegen, gehen für diesen Beobachter langsamer.

Längenkontraktion

Körper, die sich relativ zu einem Beobachter schnell bewegen, erscheinen für diesen in Bewegungsrichtung verkürzt.

Massenabhängigkeit

Die Masse eines Körpers ist von seiner Geschwindigkeit abhängig.

$$m(v) = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

m_0 : Ruhemasse des Körpers

Energie

$$E = E_0 + E_{\text{kin}} = m \cdot c^2$$

$$E_0 = m_0 \cdot c^2$$

Einblick in die Quantenphysik

- **Elektronen, Photonen, Neutronen, Protonen** und weitere Elementarteilchen, aber auch **Atome** und **Moleküle** sind Quantenobjekte.
- Quantenobjekte haben **Wellen- und Teilcheneigenschaften**.
Bewegten Quantenobjekten kann keine exakte Bahn zugeordnet werden.
- **Ort und Geschwindigkeit sind nicht gleichzeitig** genau bestimmbar (Heisenberg).
- Quantenobjekte verhalten sich **stochastisch**, d.h. eine Aussage über das Verhalten eines einzelnen Objekts ist nicht möglich, sondern nur eine Wahrscheinlichkeitsaussage, wenn man eine **große Anzahl von Objekten** betrachtet.